

BURN AREA INDEX FOR SENTINEL-2 (BAIS2) DAN NORMALIZED BURN RATIO (NBR) UNTUK IDENTIFIKASI DAMPAK AWAL KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN (Studi Kasus Kebakaran Hutan dan Lahan Bulan September 2023 di Kawasan Gunung Arjuno, Jawa Timur)

Akbar Cahyadi Pratama Putra^{1*} dan Tantri Utami Widhaningtyas²

Email : akbarcahyadhi@gmail.com¹, tantriutamiw@gmail.com²

¹ Sistem Informasi dan Data Balai Wilayah Sungai Bali- Penida, Denpasar, Bali

² Survey dan Pemetaan Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Gianyar, Bali

Abstract

The land fire on Mount Arjuno occurred in September 2023. Rapid monitoring to identify initial impacts using Sentinel-2 remote sensing data was able to detect forest fire areas. The forest fire area detection method using NBR (Normalized Burn Ratio) and BAIS2 (Burn Area Index for Sentinel-2) is able to detect fire areas well. The SI (Separability Index) results for both indices have good fire area detection results. The method for detecting forest and land fire areas in the Mount Arjuno area using NBR (Normalized Burn Ratio) has an SI (Separability Index) value of 1.32, which is better than BAIS2 (Burn Area Index for Sentinel-2). The initial identification results for the forest fire area in the Mount Arjuno area were 1673.78 ha. The initial direction of forest and land fires in the Mount Arjuno area was towards the southeast, namely towards Pasuruan Regency. Forest and land fires in the Mount Arjuno area reduced the area of forest affected in Pasuruan Regency by 1222.11 ha.

Keywords : forest fire, remote sensing, NBR, BAIS2, Sentinel-2

Abstrak

Kebakaran lahan di Gunung Arjuno terjadi bulan September 2023. Pantauan cepat untuk mengidentifikasi dampak awal menggunakan data penginderaan jauh Sentinel-2 mampu mendeteksi area kebakaran hutan. Metode deteksi area kebakaran hutan menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) mampu mendeteksi area kebakaran dengan baik. Hasil SI (*Separability Index*) kedua indeks memiliki hasil deteksi area kebakaran yang baik. Metode deteksi area kebakaran hutan dan lahan di kawasan Gunung Arjuno menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki nilai SI (*Separability Index*) 1,32 lebih baik dari pada BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*). Hasil identifikasi awal luas area kebakaran hutan di kawasan Gunung Arjuno adalah sebesar 1673.78 Ha. Arah awal kebakaran hutan dan lahan di kawasan Gunung Arjuno mengarah ke tenggara yaitu menuju ke Kabupaten Pasuruan. Kebakaran hutan dan lahan di kawasan Gunung Arjuno mengurangi luas hutan di Kabupaten Pasuruan terkena sebesar 1222,11 Ha.

Kata Kunci : Kebakaran Hutan, Penginderaan Jauh, NBR, BAIS2, Sentinel-2

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan merupakan istilah yang umum digunakan karena adanya kebakaran di kawasan hutan, akan tetapi istilah kebakaran hutan tidak hanya pada kawasan hutan akan tetapi lahan-lahan non hutan seperti perkebunan, semak belukar dan pertanian (Yulianto, 2009). Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia secara historis merupakan

kejadian yang berulang, biasanya terjadi di musim- musim kering atau kemarau (Adam dkk, 2019; Vetrita dan Cochrene, 2019). Kebakaran lahan mempengaruhi fungsi ekologi dari beberapa ekosistem dan meningkatkan tingkat degradasi lahan (Chafer, 2008). Adanya isu perubahan iklim menjadi perhatian, mengingat kondisi iklim saat ini yang sedang mengalami pemanasan global, yang ditandai dengan pergeseran musim yang tidak menentu (Ma'ruf dkk, 2016). Perubahan iklim dan peningkatan suhu akibat pemanasan global akan meningkatkan frekuensi kebakaran lahan (Kalabokidis dkk, 2015).

Kebakaran hutan di kawasan Gunung Arjuno di perbatasan Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, menurut berbagai sumber media massa maupun maya, terjadi titik api awal pada tanggal 26 Agustus 2023. Kejadian kebakaran hutan tersebut terjadi dini hari (Mualifa dalam Merdeka.com, 2023). Titik api pertama kali muncul di Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang Jawa Timur (Anonim dalam CNN Indonesia, 2023). Perhitungan luas area terbakar perlu dilakukan untuk mengetahui dampak kerugian yang dialami akibat kebakaran hutan (Rahmi dan Febrianti, 2020). Area hutan yang terbakar dapat dikur menggunakan metode konvensional yaitu terestris atau lapangan, namun butuh biaya yang besar dan waktu yang lama. Untuk mendeteksi cepat area kebakaran hutan dapat memanfaatkan citra penginderaan jauh. Penginderaan jauh memiliki karakteristik multispektral, multitemporal dan jangkauan skala besar akan memberikan kemudahan dan informasi cepat untuk mengidentifikasi area terbakar (Liu dkk, 2020).

Pada penelitian ini bertujuan untuk memetakan luas area terdampak awal kebakaran hutan di kawasan Gunung Arjuno. Beberapa penelitian yang berhubungan dengan deteksi area terbakar pernah dilakukan, penelitian Zubaidah dkk (2017) menggunakan metode NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki nilai korelasi tinggi dalam mendeteksi *Burn Area* (BA) 0,96 dan akurasi keseluruhan 87%. Penelitian yang dilakukan Filipponi (2018) menggunakan metode BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*) dan NBR (*Normalized Burn Ratio*) keduanya mampu mendeteksi lahan terbakar dengan baik dengan indeks keterpisahan NBR (*Normalize Burn Ratio*) 1,324, dan BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*) 1,337. Penelitian Rizkiqa dkk (2022) perbandingan beberapa metode pendeteksi area terbakar NBR (*Normalized Burn Ratio*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*), dan MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*) dihasilkan BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*) mampu mendeteksi area terbakar dengan hasil validasi 97,55%. Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, penelitian ini menggunakan metode NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*) karena kedua metode tersebut mampu mendeteksi area terbakar dengan baik.

2. METODE

2.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di sebagian Provinsi Jawa Timur yang terletak pada relative orbit 89 dan terletak pada *anx longitude* -54.384615 derajat citra Sentinel-2. Citra tersebut mencakup Kabupaten Mojokerto, Kota Batu, Kabupaten Malang, Kota Malang, Kabupaten Gresik, dan Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Scene ini dipilih karena pada tanggal 02 September 2023 terekam kawasan Gunung Arjuno terbakar, dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dengan citra komposit *true color* Sentinel-2. Untuk membatasi area penelitian menggunakan batas fisik diambil dari hasil fusi citra Sentinel-2 dengan data topografi ASTER GDEM. Metode fusi citra adalah teknik pengolahan citra yang memiliki

resolusi spektral tinggi dengan resolusi spasial tinggi dengan mengubah piksel citra mengikuti resolusi spasial tinggi (Sitanggang dkk, 2004; Ap dan Purwanto, 2017).



Gambar 1. Lokasi Penelitian *Overlay* Dengan Citra Sentinel-2 Komposit *True Color*
Sumber : Analisa Penulis, 2023

2.2 Data

Pada penelitian ini menggunakan citra penginderaan jauh Sentinel-2 level 2A yang artinya sudah dilakukan koreksi ortorektifikasi dan sudah dilakukan koreksi hingga *surface reflectance (bottom of atmosphere)* dan telah dilakukan orthorektifikasi (Copernicus Sentinel-2, 2021). Citra yang digunakan perekaman tahun 2023, namun diambil sebelum dan saat terjadi kebakaran. Perekaman yang digunakan sebelum kejadian kebakaran pada tanggal 27 Juli 2023 dan 31 Agustus 2023, untuk perekaman saat kejadian kebakaran adalah 2 September 2023.

Citra Sentinel-2 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki resolusi spasial yang berbeda-beda setiap salurannya. Namun untuk analisis area terbakar menggunakan resolusi 20 meter, resolusi ini cukup detail untuk mengidentifikasi area terbakar. Spesifikasi spektral dan spasial dari citra sentinel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Citra Sentinel-2

Band	Saluran Spektral	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
1	Aerosol	0,443	60
2	Biru	0,490	10
3	Hijau	0,560	10
4	Merah	0,665	10
5	Red Edge 1	0,705	20
6	Red Edge 2	0,740	20
7	Red Edge 3	0,783	20
8	NIR	0,842	10
8A	Red Edge 4	0,865	20
9	Uap Air	0,945	60
10	SWIR Cirrus	1,375	60
11	SWIR ^S	1,610	20
12	SWIR ^L	2,190	20

Sumber : *Sentinel-2 User Handbook*

2.3 Metode

2.3.1 NBR (*Normalized Burn Ratio*)

Merupakan salah satu indeks alternatif dari indeks NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dimana penggunaan saluran merah diganti dengan SWIR (*Short wavelenght Infrared*) (Garcia dan Caselles, 1991). Pola grafik respon spektral yang digunakan pada NBR (*Normalized Burn Ratio*) pada Gambar 2. Metode NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki akurasi yang tinggi apabila penerapannya di daerah dataran tinggi tropis yang memiliki keanekaragaman tutupan lahan (Hadi, dkk 2021). NBR (*Normalized Burn Ratio*) dapat diformulasikan seperti dibawah ini :

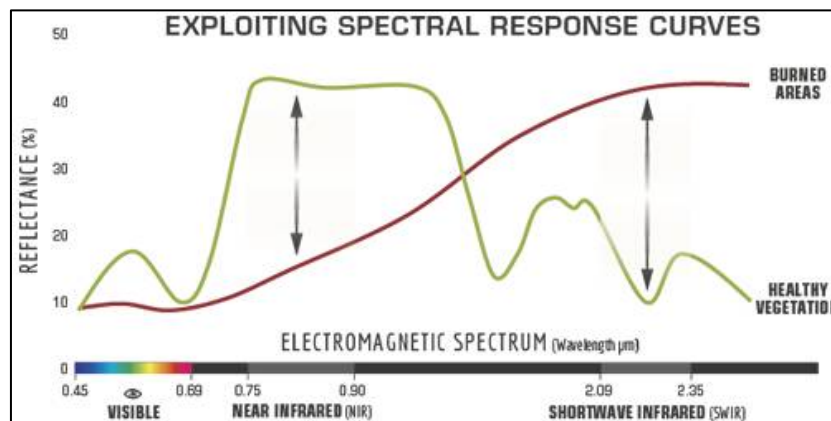
$$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

Dimana :

NBR = *Normalized Burn Ratio*

NIR = Saluran *Near Infrared* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 0,842 μm)

SWIR = Saluran *Short Wave Infrared* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 2,190 μm)



Gambar 2. Grafik Perbandingan Spektral Lahan Terbakar dengan Vegetasi
Sumber : *USDA Forest Service* dalam Alcaras dkk (2022)

2.3.2 BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*)

Merupakan indeks yang dikembangkan dari citra Sentinel-2 untuk mendeteksi area terbakar (Filipponi, 2018; Rizkiqa dkk, 2022; Rahmi dan Febrianti, 2020). Menurut Filipponi (2019) didapatkan indeks ini memanfaatkan saluran spektral yaitu saluran *Red Edges* yang ada pada citra Sentinel-2 dan memiliki akurasi yang baik saat digunakan untuk mendeteksi area terbakar di Italia. Pemanfaatan saluran *Red Edge* ini membantu dalam tingkat kepekaan terhadap sifat vegetasi yang akan dikombinasikan dengan saluran spektral SWIR (*Short Wave Infrared*). BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) dapat diformulasikan seperti dibawah ini :

$$\left(1 - \sqrt{\frac{\rho_{Red\ Edge\ 2} * \rho_{Red\ Edge\ 3} * \rho_{Red\ Edge\ 4}}{\rho_{Red}}} \right) * \left(\frac{\rho_{SWIR} - \rho_{Red\ Edge\ 4}}{\sqrt{\rho_{SWIR} + \rho_{Red\ Edge\ 4}}} + 1 \right)$$

Dimana :

BAIS2 = (*Burn Area Index for Sentinel-2*)

Red Edge 2 = Saluran *Red Edge 2* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 0,740 μm)

Red Edge 3 = Saluran *Red Edge 3* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 0,783 μm)
 Red Edge 4 = Saluran *Red Edge 4* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 0,865 μm)
 Red = Saluran *Red* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 0,665 μm)
 SWIR = Saluran *Short Wave Infrared* (pada citra Sentinel-2 panjang gelombang 2,190 μm)

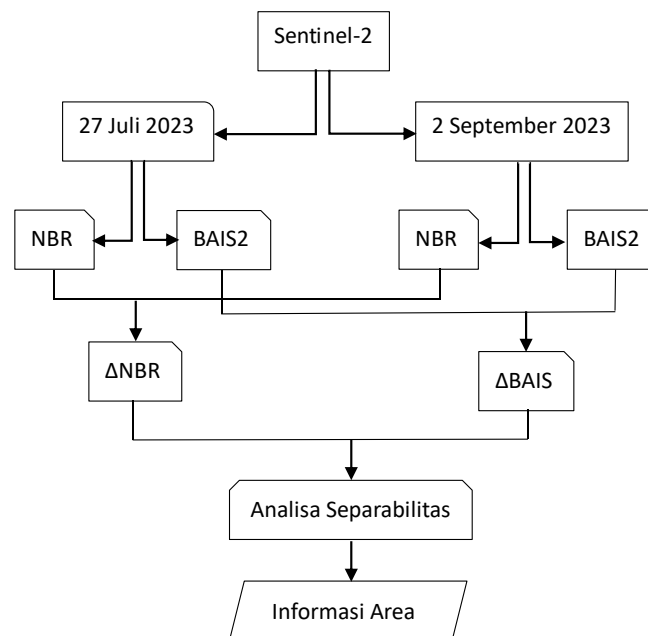
2.3.3 SI (*Separability Index*)

Separability Index (SI) adalah indeks yang digunakan untuk penilaian sensitivitas spektral dari indeks- indeks yang telah dihitung (Filipponi, 2018). Menurut Lasaponara (2006) menjelaskan bahwa *Separability Index* mempengaruhi dalam kepekaan nilai- nilai spektral dari indeks yang dibangun. Diagram alir keseluruhan pada penelitian ini terdapat pada Gambar 2. *Separability Index* (SI) dapat diformulasikan seperti dibawah ini :

$$NBR = \frac{\bar{x}b - \bar{x}tb}{\sigma b + \sigma tb}$$

Dimana :

SI = *Separability Index* (SI)
 $\bar{x}b$ = rata- rata sampel area terbakar
 $\bar{x}tb$ = rata- rata sampel area tidak terbakar
 σb = standard deviasi area terbakar
 σtb = standard deviasi area tidak terbakar



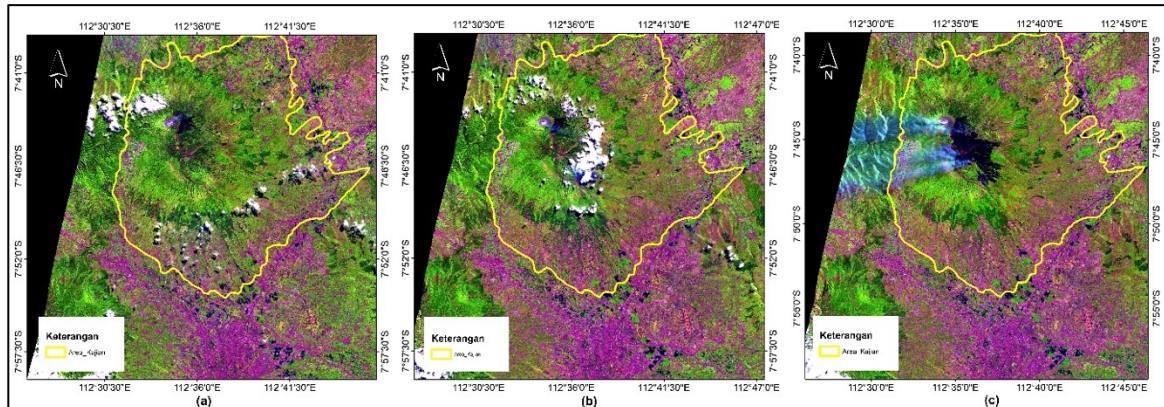
Gambar 3. Metodologi Penelitian

Sumber : Analisa Penulis, 2023

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

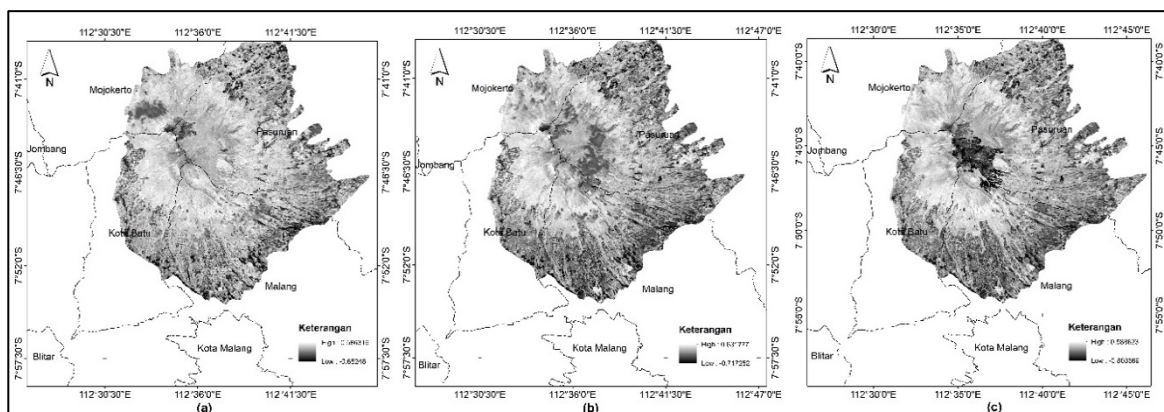
Kebakaran yang terjadi di kawasan TAHURA (Taman Hutan Raya) Raden Soeryo lebih tepatnya di kawasan Gunung Arjuno Jawa Timur telah merusak ekosistem hutan. Terdapat informasi yang belum pasti terkait luas dampak dari kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di kawasan Gunung Arjuno. Secara temporal pantauan dari citra Sentinel-2 pada tanggal 29 Juli 2023 hingga 28 Agustus 2023 kondisi Gunung Arjuno masih terlihat tidak ada tanda- tanda kebakaran lahan. Menurut informasi di berbagai media, titik api pertama kali muncul pada tanggal 1 September 2023. Pada citra Sentinel-2 perekaman

tanggal 2 September 2023 dapat dilihat pada gambar 4, bahwa kebakaran hutan sudah mulai membakar bagian dari Gunung Arjuno. Apabila dilihat menggunakan komposit *false color* yang terdiri dari saluran SWIR (*Short Wave Infrared*), NIR (*Near Infrared*), dan Red atau komposit saluran 11,8,4 pada Sentinel-2, perbedaan objek akan lebih terlihat jelas pada area yang mengalami kebakaran memiliki rona yang cenderung gelap. Apabila diamati secara perbandingan rona warna antara 29 Juli 2023 memiliki warna dan rona hijau terang adalah objek vegetasi sedangkan pada 2 September 2023 terjadi perubahan warna dan rona menjadi hitam cenderung gelap.



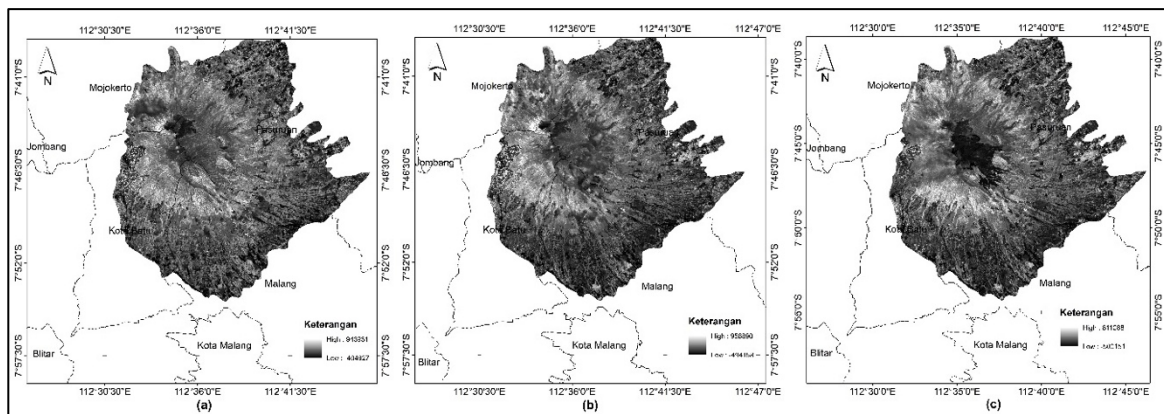
Gambar 4. Kondisi Kawasan Gunung Arjuno Menggunakan Komposit Citra *false color* (a) 29 Juli 2023, (b) 28 Agustus 2023, (c) 2 September 2023
Sumber : Analisa Penulis, 2023

Hasil analisa pengolahan NBR (*Normalized Burn Ratio*) secara temporal rentang yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Rentang nilai piksel yang dihasilkan dari NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki rentang (-1) hingga (+1) sama seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Seperti pada gambar 5 menunjukkan hasil analisa pengolahan NBR (*Normalized Burn Ratio*). Pada perekaman tanggal 29 Juli 2023 dihasilkan rentang NBR (*Normalized Burn Ratio*) -0,65 hingga 0,58. Perekaman tanggal 28 Agustus 2023 dihasilkan rentang NBR (*Normalized Burn Ratio*) -0,71 hingga 0,63. Sedangkan perekaman tanggal 2 September 2023 memiliki rentang -0,80 hingga 0,58. Ketiga citra tidak memiliki perbedaan rentang yang signifikan.



Gambar 5. Hasil Analisa NBR (*Normalized Burn Ratio*) Kawasan Gunung Arjuno (a) 29 Juli 2023, (b) 28 Agustus 2023, (c) 2 September 2023
Sumber : Analisa Penulis, 2023

Pada penelitian ini menggunakan metode lain selain NBR (*Normalized Burn Ratio*) yaitu BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*). Pengolahan analisa BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) menggunakan *script phyton* yang dibuat oleh ESA Sentinel-hub hasil pengembangan dari penelitian Felipponi, 2018. Hasil analisa BAIS2 seperti pada Gambar 6. Hasil pengolahan analisa BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) didapatkan rentang nilai julat piksel yang cukup jauh angkanya yaitu di angka puluhan ribu. Pada perekaman 29 Juli 2023 didapatkan rentang julat piksel dari -404927 hingga 943931. Perekaman 28 Agustus 2023 didapatkan rentang julat piksel dari -494198 hingga 958890. Perekaman 2 September 2023 didapatkan hasil rentang julat piksel dari -500151 hingga 811088. Julat rentang piksel yang sangat jauh dihasilkan pada BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) yang nantinya perlu dilakukan validasi. Antara NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) memiliki kesamaan yaitu menghasilkan nilai negatif (-), dimana nilai negatif maksimal atau nilai rendah diindikasikan adalah area terbuka hasil kebakaran lahan.



Gambar 6. Hasil Analisa BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) Kawasan Gunung Arjuno (a) 29 Juli 2023, (b) 28 Agustus 2023, (c) 2 September 2023
Sumber : Analisa Penulis, 2023

Perbedaan antara sebelum dan sesudah kebakaran yang diperoleh dari citra hasil olahan transformasi indeks digunakan untuk menghitung Δ (*delta/ difference*). *Delta* atau *difference* (Δ) yang nantinya dapat memperkirakan besaran tingkat keparahan area terbakar atau *burn severity*. Tingkat keparahan tinggi dapat ditunjukkan dengan hasil pengolahan nilai yang tinggi, sedangkan untuk yang memiliki nilai negatif (-) adalah suksesi vegetasi. Hasil dari Δ (*delta/ difference*) NBR (*Normalized Burn Ratio*) maupun BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) memiliki nilai yang beragam sehingga perlu uji validasi. Menurut USGS (*United State Geological Survey*) telah melakukan klasifikasi tingkat keparahan dari dampak kebakaran seperti pada Gambar 7. Namun klasifikasi tersebut hanya berlaku untuk transformasi NBR (*Normalized Burn Ratio*) tidak berlaku untuk BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*).

Severity Level	dNBR Range (scaled by 10^3)	dNBR Range (not scaled)
Enhanced Regrowth, high (post-fire)	-500 to -251	-0.500 to -0.251
Enhanced Regrowth, low (post-fire)	-250 to -101	-0.250 to -0.101
Unburned	-100 to +99	-0.100 to +0.99
Low Severity	+100 to +269	+0.100 to +0.269
Moderate-low Severity	+270 to +439	+0.270 to +0.439
Moderate-high Severity	+440 to +659	+0.440 to +0.659
High Severity	+660 to +1300	+0.660 to +1.300

Gambar 7. Klasifikasi *Burn Severity*

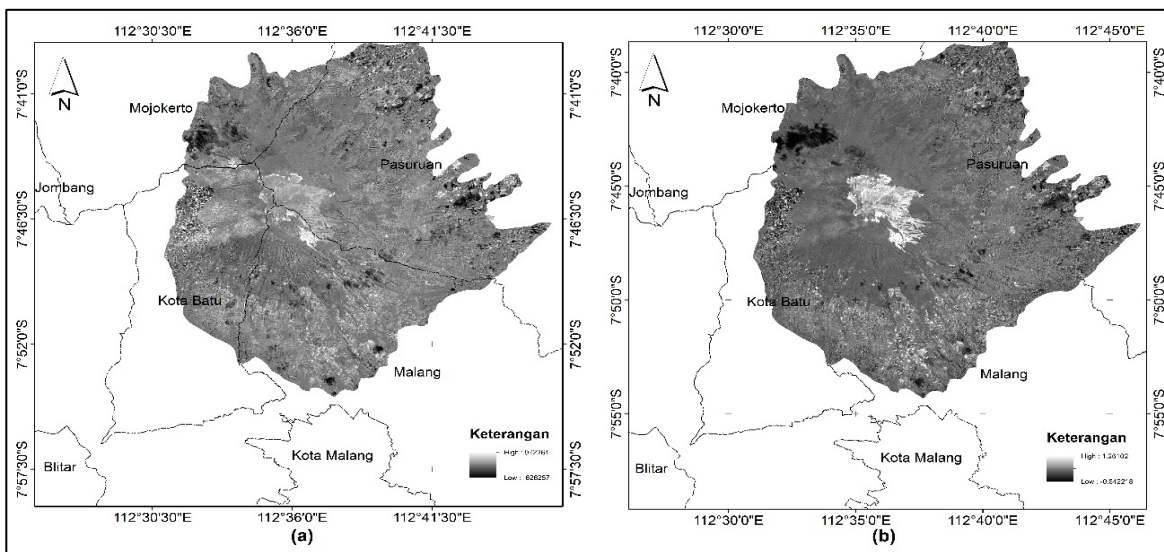
Sumber : *United State Geological Survey* dalam Zennir dan Khallef (2023)

Citra acuan untuk dijadikan citra sebelum kejadian kebakaran lahan menggunakan citra Sentinel-2 perekaman tanggal 29 Juli 2023. Citra setelah digunakan citra perekaman tanggal 2 September 2023. Menggunakan citra perekaman tanggal 2 September 2023 karena ingin mengetahui dampak awal dari kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di Gunung Arjuno. Berdasarkan hasil pengolahan didapatkan nilai statistik dari pengolahan seperti pada tabel 2. Dari nilai statistik tersebut dapat dijelaskan bahwa nilai antara Δ BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) dan Δ NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki nilai yang berbeda. Namun indikasi yang dihasilkan adalah sama, nilai maksimal adalah nilai tingkat keparahan kebakaran hutan. Apabila dilihat pada Gambar 7 dapat di visualisasikan memiliki rona yang terang seperti pada Gambar 9.

Tabel 2. Statistik *Difference* Indeks

	Min	Max	Mean	Stdev
Δ BAIS2	-626257.43	972260.81	20315.04	69087.53
Δ NBR	-0.84	1.26	0.04	0.10

Sumber : Analisa Penulis, 2023



Gambar 8. Hasil Analisa (a) Δ BAIS2 (*delta Burn Area Index for Sentinel-2*) dan (b) Δ NBR (*delta Normalized Burn Ratio*) di Kawasan Gunung Arjuno

Sumber : Analisa Penulis, 2023

Berdasarkan nilai SI (*Seperability Index*) pada Tabel 3 dari kedua indeks deteksi kebakaran dapat dilihat antara BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*) dan NBR (*Normalized Burn Ratio*) keduanya mampu membedakan objek lahan terbakar dengan area non terbakar dengan baik. Namun dari keduanya NBR (*Normalized Burn Ratio*) memiliki nilai *Seperability Index* paling baik dibandingkan BAIS2 (*Burn Area Index for Sentinel-2*). Nilai SI (*Seperability Index*) tinggi akan menunjukkan nilai hubungan keterkaitan antara objek dengan indeks yang dihasilkan semakin baik.

Tabel 3. Statistik *Seperability Index*

NBR	BAIS2	Δ NBR	Δ BAIS2
1,32	1,07	1,37	0,78

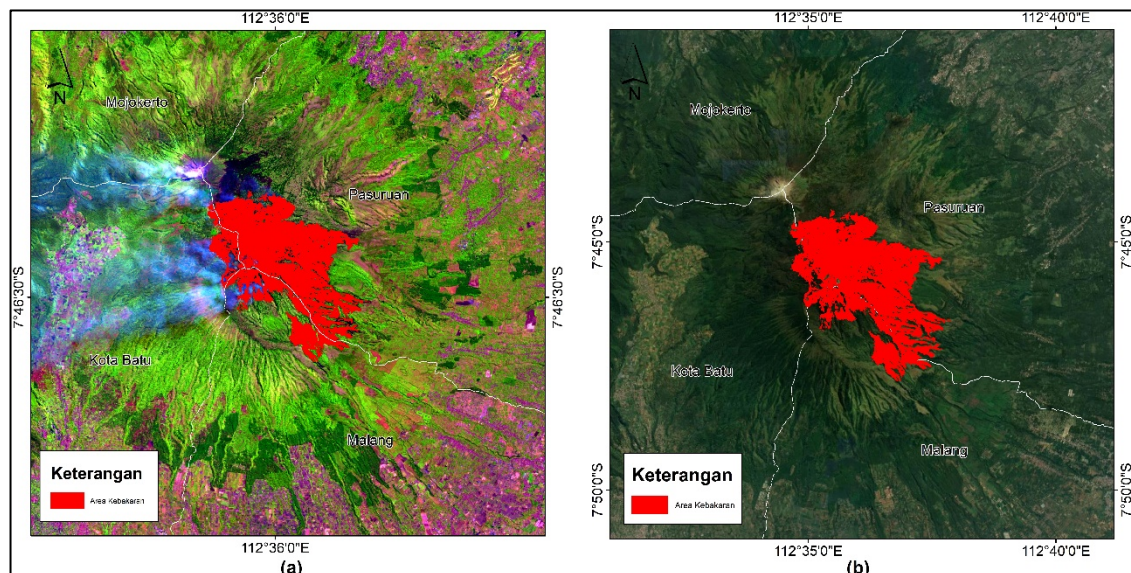
Sumber : Analisa Penulis, 2023

Hasil dari keterkaitan atau separabilitas dari indeks lahan terbakar yang baik untuk kasus kebakaran lahan di Gunung Arjuno adalah NBR (*Normalized Burn Ratio*). Sehingga didapatkan hasil luasan terdampak awal kebakaran Gunung Arjuno adalah sebesar 1673,78 Ha, hasil peta indeks area terbakar NBR (*Normalized Burn Ratio*) dapat dilihat pada Gambar 8. Klasifikasi yang dibentuk dalam penentuan kelas kebakaran NBR (*Normalized Burn Ratio*) menggunakan ketentuan yang sudah dibuat USGS (*United State Geological Survey*). Luasan yang dihasilkan ini bersifat semetara, karena bencana kebakaran saat ini masih berlangsung. Perhitungan luas area terdampak awal ini bisa dijadikan acuan dalam proses penanganan manajemen bencana yang lebih baik, bisa dijadikan acuan dalam mengambil tindakan terkait proses evakuasi warga dan penentuan strategi dalam menangani kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno. Arah kebakaran awal kejadian kebakaran mengarah ke sisi Tenggara yaitu mengaah ke Kabupaten Pasuruan. Dengan demikian hutan di Kabupaten Pasuruan mengalami pengurangan sebesar 1222,11 Ha. Luasan area terdampak kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno dilihat dari lokasi per-kabupaten dapat dilihat pada tabel 4. Arah sebaran ini bisa berubah- ubah mengikuti kondisi angin. Factor angin akan membawa arah sebaran api.

Tabel 4. Identifikasi Luas Kabakaran Hutan dan Lahan di Kawasan Gunung Arjuno

Kabupaten	Luas (Ha)
Kabupaten Pasuruan	1222,11
Kabupaten Malang	321,59
Kota Batu	130,07
Total	1673,78

Sumber : Analisa Penulis, 2023



Gambar 9. (a) Peta area terdampak awal kebakaran hutan overlay

Sumber : Analisa Penulis, 2023

4. SIMPULAN

Metode NBR (*Normalized Burn Ratio*) lebih sesuai diterapkan kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno. Luas dampak awal kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno adalah sebesar 1673,78 Ha. Identifikasi dampak awal ini digunakan untuk

mendapatkan informasi secara cepat mengenai kebakaran hutan dan lahan. Informasi dampak awal ini bisa dijadikan acuan dalam proses penanganan manajemen bencana yang lebih baik, bisa dijadikan acuan dalam mengambil tindakan terkait proses evakuasi warga dan penentuan strategi dalam menangani kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno. Pada fase awal kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno mengarah ke arah Kabupaten Pasuruan atau kearah tenggara. Arah sebaran lahan terbakar bisa jadi berbeda mengikuti faktor angin.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S.S., Rindarjono, M, G., dan Karyanto, P. 2019. Sistem Informasi Geografi untuk Zonasi Kerentanan Kebakaran Lahan dan Hutan di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *JTIK*. Vol. 6, No. 5, Oktober.2019. p.559- 566. <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.201743299>
- Alcaras, E., Costantino, D., Guastaferrero, F., Parente, C., dan Pepe, M. 2022. Normalized Burn Ratio Plus (NBR+) A New Index for Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 14, 1727. <https://doi.org/10.3390/rs14071727>
- Anonim. 2023. Kebakaran Gunung Arjuno Jatim Meluas Semua Akses Wisata ditutup. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20230905173732-20995145/kebakaran-gunung-arjuno-jatim-meluas-semua-akses-wisata-ditutup>. Diakses tanggal 06 September pukul 10.30 WITA
- Ap, Anugerah R., dan Taufik H. Purwanto. 2017. Fusi Citra Landsat 7etm+ dan Aster G-dem untuk Identifikasi Aspek Geologi Kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan. *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 6, no. 1
- Chafer, Chris J. 2008. A Comparison of Fire Severity Measures an Australian Example and Implications for Predicting Major Areas Soil Erosion. *Catena*. p-235 - 245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2007.12.005>
- Copernicus Sentinel-2. 2021. MSI Level-2A BOA Reflectance Product. Collection 1 European Space Agency. https://doi.org/10.5270/S2_-znk9xsj
- Filipponi, F. 2018. BAIS2: Burned Area Index for Sentinel-2. *Proceedings*, 2,364; <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05177>
- Filipponi, F. 2019. Exploitation of Sentinel-2 Time Series to Map Burned Areas at the National Level : A Case Study on the 2017 Italy Wildfires. *Journal Remote Sensing*, 11(6), 622. <https://doi.org/10.3390/rs11060622>
- García, M., dan Caselles, V. 1991. Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. *Geocarto Int*, 6, 31–37. <https://doi.org/10.1080/10106049109354290>
- Hadi, I, K., Mukti, S,H., dan Widyatmanti, W. 2021. Pemetaan Pola Spasial Kebakaran Hutan dan Lahan di Taman Nasional Gunung Merbabu Berbasis Penginderaan Jauh Tahun 2019. *Jurnal Geografika (Geografi Lahan Basah)*. Vol.2., No. 1, Juni 2021. Hal 43-50. <https://doi.org/10.20527/jgp.v2i1.4536>
- Handbook, U. 2015. SENTINEL-2 User Handbook Sentinel-2 User Handbook SENTINEL-2 User Handbook. no. 1, pp. 1–64
- Kalabokidis et al. 2015. Effect of Climate Change Projections on Forest Fire Behavior and Values-at-Risk in Southwestern Greece). *Forests*. ISSN 1999-4907. <https://doi.org/10.3390/f6062214>
- Lasaponara, R. 2006. Estimating spectral separability of satellite derived parameters for burned areas mapping in the Calabria region by using SPOT-Vegetation data. *Ecol. Modell*. 196, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.02.025>

- Liu, S., Wang, S., Chi, T., Wen, C., Wu, T., dan Wang, D. 2020. An improved combined vegetation difference index and burn scar index approach for mapping cropland burned areas using combined data from Landsat 8 multispectral and thermal infrared bands. *International Journal of Wildland Fire*, 29(6), 499. <https://doi.org/10.1071/WF18146>
- Ma'ruf, A., Safitri, S. A., & Sinaga, A. 2016. Pengaruh Pemanasan Global terhadap Beberapa Tanaman C3 di Indonesia. *Jurnal Penelitian Pertanian BERNAS*. Vol. 12, No. 2, p44-54.
- Muallifa, R, N, L. 2023. Kondisi Terbaru Gunung Arjuno Kebakaran, Hutan Ribuan Hektar Habis dilahap Api. <https://www.merdeka.com/jatim/kondisi-terbaru-gunung-arjuno-kebakaran-hutan-ribuan-hektare-habis-dilahap-api-19628-mvk.html>. Diakses 07 September 2023 pukul 13.10 WITA
- Rahmi, K, I, N., dan Febrianti, N. 2020. Pemanfaatan Data Sentinel-2 Untuk Analisis Indeks Area Terbakar (Burned Area). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. Vol.2., No. 1, Februari 2020. Hal 1-6
- Rizqika, S, I., Prasetyo, Y., dan Yusuf, M, A. 2022. Analisis Akurasi Perbandingan Algoritma Indeks Kebakaran Hutan (NBR, BAIS2, MIRBI dan NDVI) Berdasarkan Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Taman Nasional Gunung Merbabu Provinsi Jawa Tengah). *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*. Vol.5., No.1, 2022. Hal 1-8. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2022.16858>
- Sitanggang, G., Carolita, I., dan Trisasongko, B, H. 2004. Apikasi Teknik dan Metode Fusi Data Optik ETM+ Landsat dan SAR RADARSAT Untuk Ekstraksi Informasi Geologi Pertambangan Batubara. *Majalah Lapan*. Vol.6., No.1. Juni 2004
- Vetrita, Y., dan Cochrane, M. A. 2019. Fire Frequency and Related Land-Use and Land-Cover Changes in Indonesia's Peatlands. *Remote Sensing*, 12(1), 5. <https://doi.org/10.3390/rs12010005>
- Yulianto, F. 2009. Pemanfaatan Data Modis untuk Identifikasi Daerah Bekas Terbakar (Burned Area) Berdasarkan Perubahan Nilai NDVI di Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2009. *Jurnal Penginderaan Jauh*. Vol. 6, p54- 64
- Zennir R., dan Khallef B. 2023. Forest Fire Area Detection Using Sentinel-2 Data: Case of The Beni Salah National Forest– Algeria. *Journal of Forest Science*, 69(1) 33-40. <https://doi.org/10.17221/50/2022-JFS>
- Zubaidah, A., Sulma, S., Suwarsono., Vetrita, Y., Priyatna, M., dan Ayu, K. 2017. Akurasi Luas Areal Kebakaran dari Data Landsat-8 OLI di Di Wilayah Kalimantan. *Majalah Ilmiah Globe*. Vol.19., No.1, April 2017. Hal 21-32. <https://doi.org/10.24895/MIG.2017.19-1.442>